Ueber

DIE GESETZE,

nach welchen

die Mischung von Flüssigkeiten

und

ihr Eindringen in permeable Substanzen

erfolgt,

mit besonderer Rücksicht

auf die Vorgänge im menschlichen und thierischen Organismus.

Von

JULIUS VOGEL.

Abgedruckt aus den Göttinger Studien. 1845.

Göttingen

bei Vandenhoeck und Ruprecht.

1846.

Ueber die Gesetze,
nach welchen die Mischung von Flüssigkeiten und ihr Eindringen in permeable Substanzen erfolgt,
mit besonderer Rücksicht auf die Vorgänge im menschlichen und thierischen Organismus.

Von

Julius Vogel.

Die Erscheinungen, deren Totalität man unter dem Begriffe des thierischen Lebens zu vereinigen pflegt, sind zusammengesetzt aus einer unendlichen Menge einzelner Vorgänge, welche mit einander in der mannigfaltigsten Verbindung und Wechselwirkung stehen. Zu diesen Vorgängen gehören auch Mischungen verschiedener Flüssigkeiten, die entweder unmittelbar mit einander in Berührung treten, oder durch organisirte Scheidewände (thierische Membranen) von einander getrennt sind und durch diese hindurch sich mischen. Manche dieser Mischungen sind so einfach und kommen so ganz mit den Vorgängen überein, welche Jedermann im gewöhnlichen Leben täglich zu beobachten Gelegenheit hat, dass man sie als etwas Triviales kaum einer genaueren Betrachtung würdig findet; andere dagegen bieten manches Eigenthümliche dar, ja sie erscheinen beim ersten Anblick höchst paradox und selbst im Widerspruch

mit den Gesetzen der Hydrostatik. So namentlich die mit dem Namen der Endosmose und Exosmose bezeichneten Vorgänge, in welchen zwei Flüssigkeiten, welche sich durch eine Scheidewand mit einander mischen, ihre Volumina so verändern, dass die eine Flüssigkeit zunimmt, die andere auf entsprechende Weise abnimmt. Solche Fälle hat man vorzugsweise einer genaueren Untersuchung gewürdigt und die dabei auftretenden Erscheinungen auf die verschiedenste Weise zu erklären versucht. Je tiefer man nun in diese scheinbar paradoxen Erscheinungen eindringt, um so mehr verliert sich das mysteriöse Dunkel, das auf ihnen ruht, und es drängt sich dem Beobachter die Ueberzeugung auf, dass sie sich an jene einfacheren Fälle, die Niemanden überraschen, weil Jeder durch die tägliche Erfahrung mit ihnen vertraut ist, auf das Natürlichste anschliessen. Eine befriedigende Erklärung derselben wird aber nur dadurch möglich, dass man von den einfachsten Fällen ausgehend, alle Erscheinungen, die bei der Mischung von Flüssigkeiten vollkommen, unter gemeinschaftliche Gesetze zu bringen versucht. Diese Gesetze lassen sich, wie alle Naturgesetze, nicht a priori festsetzen, sondern nur durch Erfahrung gewinnen, sie setzen also Beobachtungen und Versuche voraus. Aber die Bedingungen, welche bei der Mischung von Flüssigkeiten vorkommen können, sind sehr mannigfaltig; dadurch wird das zu bearbeitende Feld ein sehr grosses und die Bearbeitung eine sehr schwierige. Dazu kommt noch, dass es nicht genügt, den Einfluss der verschiedenen hiebei mitwirkenden Bedingungen im Allgemeinen zu kennen, dass es vielmehr die Aufgabe der Wissenschaft bildet, diesen Einfluss für die einzelnen Fälle auch seiner Grösse nach genau zu bestimmen, also numerisch festzustellen. Eine solche exacte mathematische Behandlung des Gegenstandes ist nicht unmöglich, sie erscheint vielmehr nothwendig und entspricht allein den Anforderungen der Wissenschaft; aber sie ist höchst schwierig und setzt überdiess sehr grosse

Reihen mühsamer Untersuchungen voraus, da jeder Versuch der Art, wie die folgenden Betrachtungen ergeben werden, nothwendig manche Fehlerquellen darbietet, so dass nur die numerischen Resultate, welche aus einer grossen Anzahl von Untersuchungen gezogen sind, als annähernd richtig betrachtet werden können. Die Aufgabe gehört also zu denen, welche nur allmälig, durch das Zusammenwirken Vieler, kaum durch die Anstrengungen eines Einzelnen auf befriedigende Weise gelöst werden können.

Diese und ähnliche Betrachtungen veranlassten mich, die folgenden Mittheilungen dem Publikum vorzulegen. Ich zog es vor, die speciellen Ergebnisse einer Reihe von zum Theil mühsamen Versuchen vor der Hand noch zurückzuhalten, da sie zu einer mathematischen Begründung des Gegenstandes nicht hinreichen, und nur auf die Haupterscheinungen, welche bei der Mischung von Flüssigkeiten und bei ihrem Durchdringen durch organisirte Substanzen vorkommen, namentlich aber auf den Zusammenhang dieser Erscheinungen unter einander aufmerksam zu machen. Mögen diese Mittheilungen recht Viele veranlassen, diesem für die Physiologie so wichtigen Gegenstande ihre Bemühungen zuzuwenden, und dadurch den Schleier, der auf ihm und damit zugleich auf vielen der wichtigsten Lebensvorgänge ruht, allmälig zu lüften *)!

*) Für diejenigen, welche sich weiter mit dem Gegenstande beschäftigen wollen, füge ich hier eine Aufzählung der wichtigsten Literatur bei:

Magnus in Poggendorfs Annalen Bd. 10.

N. W. Fischer, ebendas. Bd. 11.

Poisson, ebendas. Bd. 11.

Dutrochet mémoires pour servir à l'histoire anat. et physiolog des végétaux et des animaux. Paris 1837. T. I. p. 1—99. (Dutr. erklärt selbst nur das in dieser Abhandlung über Endosmose Enthaltene als gültig, und betrachtet alle seine früheren Arbeiten über denselben Gegenstand, so weit ihre Resultate nicht dieser Abhandlung einverleibt sind, als nicht geschrieben. Avant-propos. p. XXXI).

§. 1.

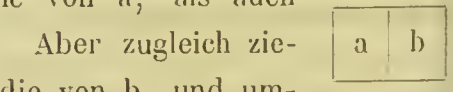
Wenn zwei Flüssigkeiten, deren Bestandtheile sich chemisch anziehen, mit einander in Berührung kommen, so vereinigen sie sich zu einer gemischten Flüssigkeit, von der jedes kleinste Theilchen eine gleiche Beschaffenheit zeigt. Mischen wir z. B. eine Flüssigkeit, die aus 20 Theilen Salz und 80 Theilen Wasser besteht, mit 100 Theilen Wasser so entsteht daraus eine Flüssigkeit, von der die kleinsten noch unterscheidbaren Theilchen je 1 Theil Salz auf 9 Theile Wasser enthalten.

Ganz dasselbe tritt ein, wenn man in eine Flüssigkeit einen darin auflöslichen festen Körper, wie Salz etc. bringt. Nach vollendeter Einwirkung ist eine Flüssigkeit entstanden, deren kleinste Theile dieselbe Beschaffenheit zeigen und von denen jeder aus einer bestimmten Menge der ursprünglichen Flüssigkeit mit einer bestimmten Menge des aufgelösten Körpers besteht.

§. 2.

Denken wir uns die beiden sich mischenden Flüssigkeiten als 2 getrennte Massen a b Fig. 1, so ziehen sich sowohl die Bestandtheile von a, als auch die von b unter einander an. Aber zugleich ziehen die Bestandtheile von a die von b, und umgekehrt an, und diese letztere Anziehung ist stärker, als die der Bestandtheile von a und b unter sich. Es werden also

Fig. 1.



Kürschner. Art. Aufsaugung in Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie.

E. Brücke, de diffusione humorum per septa mortua et viva. Dissertat. Berolini 1842.

Poiseuille, Comptes rendus 1844. II. p. 994 ff.

C. Matteucci et A. Cima, Annales de chimie et de physique. Janvier. 1845.

Atome von a nach b und Atome von b nach a wandern, so lange bis beide Massen sich chemisch ausgeglichen, d. h. eine gleiche Zusammensetzung angenommen haben werden. Wenn nun bei dieser Ausgleichung ebensoviel von a nach b geht, als umgekehrt von b nach a, so behalten beide Massen auch nach ihrer Mischung ihr ursprüngliches Volumen. Nimmt dagegen die eine Masse mehr auf, als sie abgiebt, so verändern beide Massen ihre ursprünglichen Volumina, die eine nimmt zu, die andere um ebensoviel ab (Fig. 2). In den Fällen, wo die beiden sich mischenden Flüssigkeiten in einem gemeinschaftlichen Gefässe enthalten sind, lässt sich die durch die Mischung entstehende Differenz in der Grösse der beiden Massen nicht wahrnehmen, denn die Masse a (Fig. 3) wird nach den Gesetzen der Hydrostatik die Form a' annehmen, und damit jede Ungleichheit des Niveaus verschwinden. Es giebt jedoch Fälle, wo diese durch die Mischung entstehende Grössenveränderung von a und b sich wahrnehmen und messen lässt: von ihnen später.

Fig. 2.

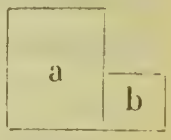
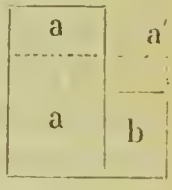


Fig. 3.

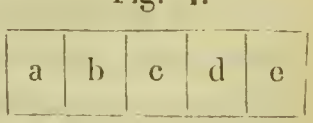


§. 3.

Denken wir uns die sich mischenden Flüssigkeiten nicht als zwei einfache Massen, sondern jede derselben zusammengesetzt aus einer sehr grossen Anzahl von Theilchen, die in jeder Flüssigkeit unter sich vollkommen gleich sind. Die Art nun, wie man sich diese Theilchen bei der Mischung angeordnet denkt, hat einen wesentlichen Einfluss auf die Art der Mischung, namentlich auf die zur Ausgleichung des Gemisches erforderliche Zeit.

Es sei in Fig. 4 a ein Theilchen einer Salzlösung, b — e seien Theilchen Wasser. Da bei der Ausgleichung jedes

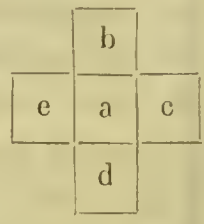
Fig. 4.



Wassertheilchen eine bestimmte Menge Salz aufnehmen muss, so ist es nothwendig, dass im obigen Beispiele jedes Salztheilchen, welches nach c kommt, erst durch die Theilchen b—d hindurchpassire: zu dieser Reise gehört aber eine gewisse Zeit, die jedenfalls um so länger ist, je länger der zu durchlaufende Weg.

In Fig. 5 dagegen, wo die Lage der Theilchen eine andere ist, so dass alle Wassertheilchen mit dem salzhaltigen Theilchen in unmittelbarer Berührung sind, wird das Theilchen e viel rascher Salz aufnehmen, als in Fig. 4.

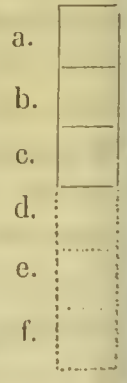
Fig. 5.



Durch diese und ähnliche Verhältnisse wird es bewirkt, dass gleiche Quantitäten von Flüssigkeiten derselben Art, die sich mischen, unter verschiedenen Verhältnissen zu ihrer Ausgleichung eine sehr verschiedene Zeit nöthig haben.

Werden z. B. zwei Flüssigkeiten von verschiedenem specifischen Gewicht, die sich mit einander mischen, wie Salzlösung und Wasser, Weingeist und Wasser etc., sorgfältig so über einander gebracht, dass sich die schwerere Flüssigkeit unten befindet, und die Theilchen beider Flüssigkeiten so viel als möglich unverändert in ihrer Lage bleiben, so tritt derselbe Fall ein, wie Fig. 4 und die Ausgleichung erfolgt sehr langsam. Wir können uns beide Massen als eine Säule (Fig. 6) denken, deren obere Hälfte a—c z. B. aus Weingeist-, die untere d—f aus Wassertheilchen aufgebaut ist. So lange die Theilchen ruhig in ihrer Lage verharren, muss jedes Atom Weingeist, das aus dem Theilchen c nach f geht, den Weg durch d, e zurücklegen und ebenso jedes Wasseratom, das von d nach a geht, den Weg durch c, b u. s. f. Je höher also die Säulen sind, um so längere Zeit wird zur Ausgleichung erforderlich sein. Anders verhält sich

Fig. 6.



die Sache, wenn in den beiden Flüssigkeiten sich nicht blos die Atome, sondern ganze Massentheilchen, wie a — f, bewegen, wenn man sie z. B. umrührt. Dann wird jedes Wassertheilchen in unmittelbare Berührung mit einem Weingeisttheilchen kommen, wie in Fig. 5. Die Ausgleichung wird in viel kürzerer Zeit erfolgen und die Höhe der Flüssigkeitssäule wird keinen wahrnehmbaren Einfluss auf die Ausgleichungszeit haben.

Die Ursachen, welche solche Ortsveränderungen ganzer Massentheilchen (nicht bloss der Atome), oder wie man sie gewöhnlich nennt, Strömungen in den sich mischenden Flüssigkeiten hervorrufen, sind hauptsächlich folgende:

Von Aussen her einwirkende mechanische Kräfte, Rühren, Schütteln u. dgl.

Die Schwere oder das ungleiche specif. Gewicht sich mischender Flüssigkeiten. Wenn man ein Stück Zucker mit sorgfältiger Vermeidung jeder Bewegung in Wasser auflöst, so macht es einen grossen Unterschied in der Ausgleichungszeit, ob dasselbe sich am Boden des Gefässes befindet oder an der Oberfläche des Wasserspiegels aufgehängt wird. Im ersteren Falle befinden sich die mit Zucker gesättigten Wassertheile unten, sie bleiben dort vermöge ihres grösseren specif. Gewichtes; es entstehen keine Strömungen und die Ausgleichung erfolgt sehr langsam nur durch Wanderung der Atome. Wenn sich dagegen der Zucker oben befindet, so haben die mit demselben gesättigten Wassertheile wegen ihres grösseren specifischen Gewichtes die Tendenz nach unten zu fallen; es entstehen sichtbare Strömungen in der Flüssigkeit und die Mischung erfolgt viel rascher.

Auf ähnliche Weise wirkt ungleiche Erwärmung, Kochen u. dgl. durch Hervorrufung von Strömen beschleunigend auf die Mischung.

Da bei jeder Mischung von Flüssigkeiten fast unvermeidlich aus einer oder der andern Ursache Strömungen entstehen, deren Grösse sich nicht genau bestimmen lässt,

so ist eine scharfe Bestimmung der Unterschiede, welche gewisse Bedingungen in der Ausgleichungszeit zweier sich mischender Flüssigkeiten hervorbringen, kaum möglich. Jeder in der Praxis vorkommende Fall ist ein gemischter, der sich bald mehr dem Zustand der absoluten Ruhe, bald dem einer absoluten Bewegung der Flüssigkeitstheilchen nähert. Es ist aber dennoch für die Theorie wichtig, diese beiden Arten von Bewegungen, die Wanderung der unsichtbaren Atome, und die der kleinsten sichtbaren Theilchen strenge zu unterscheiden. Wenn man daher die letzteren, wie es gewöhnlich geschieht, Strömungen nennt, so darf man die ersteren nicht mit demselben Namen bezeichnen.

§. 4.

In den bis jetzt betrachteten Fällen waren die beiden Flüssigkeiten mischbar, d. h. sie bildeten in Folge der Berührung eine Flüssigkeit, deren kleinste unterscheidbare Theilchen nach geschehener Ausgleichung ganz dieselbe Beschaffenheit haben.

Es kommen aber auch Fälle vor, wo sich zwei Flüssigkeiten bei der Berührung Bestandtheile entziehen, ohne sich selbst zu mischen.

So mischen sich Oel (Elain) und Wasser nicht: sie bilden auch nach langem Umrühren nur eine Emulsion, d. h. eine Flüssigkeit, in der sich Oel- und Wassertheile deutlich unterscheidbar neben einander befinden. Reibt man nun Oel mit Kochsalz zusammen und bringt dieses Gemenge mit Wasser in Berührung, so entzieht das Wasser, dessen Theile eine grössere chemische Anziehung zum Kochsalz haben als die Oeltheile, letzteren das Salz, und wir haben nach vollendeter Ausgleichung neben Oeltheilchen Wassertheilchen, von denen jedes eine gewisse Menge Salz aufgelöst enthält.

Mengt man etwa gleiche Massen von Aether und Wasser, so entstehen zwei Schichten von Flüssigkeit, die sich nicht weiter mischen und von denen die obere, leichtere aus Aether und Wasser im Verhältniss von 36 zu 1, die untere, schwerere aus Wasser und Aether im Verhältniss von 9 zu 1 besteht. Werden beide Flüssigkeiten getrennt, in der einen Quecksilberchlorid aufgelöst und dann beide wiederum zusammengebracht, so entzieht die andere Flüssigkeit der Auflösung eine gewisse Menge des Salzes (Brücke).

In beiden Fällen nimmt also die eine Flüssigkeit aus der anderen etwas auf, ohne etwas dafür an sie abzugeben: die eine nimmt dabei um eben soviel an Masse zu, als die Menge des Aufgenommenen beträgt, die andere nimmt um eben soviel ab.

Nimmt man bei diesem Vorgange darauf Rücksicht, wie viel unter bestimmten Verhältnissen die eine Flüssigkeit in einer bestimmten Zeit aufnimmt, die andere abgiebt, so versteht es sich von selbst, dass die Menge des in einer bestimmten Zeit Uebergegangenen um so grösser ist, je grösser, bei gleicher Masse, die Oberfläche ist, mit welcher sich die beiden Flüssigkeiten berühren, und dass es auch hier einen bedeutenden Unterschied bewirkt, ob der Austausch bei Ruhen der Flüssigkeiten, oder bei Bewegungen (Strömungen) derselben (§. 3) vor sich geht.

Verhalten von Flüssigkeiten, welche mit permeablen Substanzen in Berührung kommen oder durch permeable Scheidewände von einander getrennt sind.

§. 5.

Bis jetzt dachten wir uns die beiden Flüssigkeiten in unmittelbarer Berührung: wir wollen nun die Fälle untersuchen,

wo eine Flüssigkeit in eine permeable Substanz eindringt oder zwei Flüssigkeiten durch eine permeable Scheidewand von einander getrennt sind. Als eine solche permeable Scheidewand lässt sich jede Substanz betrachten, welche von einer oder von beiden Flüssigkeiten, oder nur von gewissen Bestandtheilen derselben durchdrungen werden kann.

Die Erfahrung lehrt uns, dass viele permeable Substanzen auf Flüssigkeiten, welche in sie eindringen, einen gewissen Einfluss ausüben, der zwar in verschiedenen Fällen verschieden ist, und desshalb seiner Natur und Grösse nach jedesmal erst durch ein besonderes Experiment bestimmt werden muss, der sich aber auch unter gewisse allgemeine Gesichtspunkte bringen lässt. Dieser Einfluss ist nämlich theils ein mechanischer, theils ein chemischer.

§. 6.

Der mechanische Einfluss, welchen eine permeable Substanz auf eine in sie eindringende Flüssigkeit ausübt, besteht darin, dass die Flüssigkeit von der Substanz mit einer Kraft angezogen wird, welche anderen auf die Flüssigkeit wirkenden mechanischen Kräften, der Schwere, dem hydrostatischen Drucke etc. einen gewissen Widerstand entgegensetzt.

Man bezeichnet diese Kraft gewöhnlich mit dem Namen der Capillarität oder Capillaranziehung. Ich will von den zahlreichen Beispielen dieser mechanischen Capillarkraft hier nur an die bekannte Erscheinung erinnern, dass Wasser in einem Streifen Löschpapier, der Wirkung der Schwere entgegen, in die Höhe steigt. Diese mechanische Capillarkraft hat in verschiedenen Fällen eine sehr verschiedene Grösse, welche abhängt 1) von der Natur (dem Material) der permeablen Substanz und der der Flüssigkeit — so wird z. B. Wasser von allen Substanzen angezogen, welche es zu benetzen vermag, während zwischen Glas und Quecksilber keine Anziehung stattfindet — 2) von der Anordnung der

permeablen Substanz, ihrer Dicke, der Grösse ihrer Zwischenräume (Poren).

Wie sehr verschieden diese mechanische Capillarkraft in einzelnen Fällen ist, davon liefern die mancherlei Arten der Filtra ein anschauliches Beispiel. Wenn dieselbe Flüssigkeit auf einen offenen Trichter gegossen wird, läuft sie immer schneller hindurch, als wenn sich auf demselben ein Filtrum befindet. Das langsamere Durchlaufen im letzteren Falle hängt aber nicht blos davon ab, dass die zwischen den Capillarräumen des Filtrum befindliche feste Substanz die Grösse der Ausflussöffnung verringert, sondern auch davon, dass die Capillarattraction in den einzelnen Capillarräumen des Filtrum dem hydrostatischen Druck der Flüssigkeit einen gewissen Widerstand entgegensetzt, ihn zum Theil aufhebt. Bei manchen Filtern ist dieser Widerstand sehr gering, die Flüssigkeit läuft rasch hindurch; bei anderen ist er viel stärker, das Filtrum filtrirt langsam. In manchen Fällen ist die Kraft der Capillarattraction so gross, dass sie einer bedeutenden entgegenwirkenden Kraft das Gleichgewicht hält. Wird z. B. eine Glasröhre mit einer thierischen Membran (Harnblase etc.) so fest verschlossen, dass zwischen Glas und Membran keine Flüssigkeit hindurchdringen kann, und dann mit Wasser gefüllt, so hält die Capillarattraction der Membran das Wasser so fest, dass der Druck einer Wassersäule von mehreren Fussen Höhe in der Röhre nicht im Stande ist, binnen einigen Stunden eine erhebliche Quantität Wasser durch die Blase hindurchzutreiben. Es dauert mehrere Tage, ja Wochen, bis eine Wassersäule von einigen Zollen Höhe, deren Grundfläche die Membran bildet, durch dieselbe hindurchsickert. Aber auch bei dicken thierischen Membranen ist der Widerstand der Capillarattraction gegen den hydrostatischen Druck und andere bewegende Kräfte in der Regel kein absoluter, wahrscheinlich darum, weil fast jede Membran zwischen vielen kleinen Poren, in denen die Capillarattrac-

tion sehr bedeutend ist, auch einzelne grössere enthält, durch welche Flüssigkeiten schon von einer sehr geringen Druckkraft hindurchgetrieben werden.

Die Grösse dieser mechanischen Capillarkraft lässt sich für verschiedene permeable Substanzen durch Versuche wenigstens annähernd bestimmen, indem man Glasröhren von gleichem Durchmesser durch sie verschliesst, die Röhren mit einer Flüssigkeit füllt, und die Quantitäten der in gleichen Zeiten bei gleichem hydrostatischen Drucke durch sie hindurchgelaufenen Flüssigkeiten bestimmt. Hiebei sind jedoch manche Verhältnisse zu berücksichtigen, welche bei den meisten Versuchen der Art die Genauigkeit der Resultate verringern. Manche Substanzen, namentlich die dünneren thierischen Membranen werden durch den Druck der auf ihnen ruhenden Flüssigkeitssäule ausgedehnt, und dadurch sowohl ihre wirksame Oberfläche vergrössert, als auch ihre Textur verändert, ihre Dicke vermindert, ihre Poren vergrössert. Bei längerer Dauer der Versuche erleiden die Substanzen häufig Veränderungen durch Fäulniss u. s. f. Dies macht, dass man aus einigen wenigen Versuchen der Art keine gültigen Schlüsse ziehen kann; nur sehr viele Versuche, hunderte und mehr, liefern annähernd richtige Mittelzahlen und damit Anhaltspunkte für die Vergleichung der mechanischen Capillarkräfte verschiedener Substanzen gegen dieselben oder verschiedene Flüssigkeiten. Es wäre deshalb zu wünschen, dass solche Versuche mit recht vielen Substanzen und in recht grosser Anzahl angestellt würden.

§. 7.

Viele für Flüssigkeiten permeable Substanzen scheinen ausser der besprochenen mechanischen Capillarattraction auf die durchtretende Flüssigkeit keinen weiteren Einfluss auszuüben. Man findet in diesem Falle, wenn man die Resultate, welche verschiedene permeable Sub-

stanzen liefern, mit einander vergleicht, nur Unterschiede in der Zeit, welche nöthig ist, damit bei gleicher Oberfläche und gleichem Drucke eine gleiche Quantität Flüssigkeit durch eine Substanz hindurchtrete, oder bei gleichen Zeiten Unterschiede in der Quantität der durchgetretenen Flüssigkeit. Solche permeable Substanzen wirken auf die Qualität der durchdringenden Flüssigkeit nicht verändernd ein; so hat bei den gewöhnlichen Filtern die durchgelaufene Flüssigkeit in der Regel dieselbe Beschaffenheit, wie die aufgegossene und es wird nur solchen Theilchen der Durchgang verweigert, welche wegen ihrer Grösse mechanisch von den Poren des Filters zurückgewiesen werden. Aber nicht immer ist die Sache so einfach. Manche permeable Substanzen lassen von einer zusammengesetzten Flüssigkeit gewisse Bestandtheile ausschliesslich oder in einem grösseren Verhältnisse hindurchtreten, als andere, und die durchgelaufene Flüssigkeit hat eine andere Zusammensetzung als die aufgegossene.

Wird z. B. auf ein mit Wasser befeuchtetes dickes Filter mit engen Poren eine Emulsion aus gleichen Theilen Wasser und Oel gegossen, so geht das Wasser vorzugsweise hindurch, das Oel sparsamer, und die durchgelaufene Flüssigkeit enthält mehr Wasser als Oel. Man kann auf diese Weise Milch durch öfteres Filtriren von einem grossen Theile ihrer Butterkügelchen befreien.

Wird faules Wasser durch thierische Kohle filtrirt, so werden manche Theile desselben von der Kohle zurückgehalten, das durchgelaufene Wasser hat weder Geruch noch Geschmack.

Wird Galle, mit Alkohol vermischt, durch Thierkohle filtrirt, so wird der Gallenfarbestoff zurückgehalten, die durchgelaufene Flüssigkeit ist farblos.

Schliesst man wässerigen Weingeist in eine thierische Blase ein, so tritt verhältnissmässig mehr Wasser als Alkohol durch die Wände der Blase hindurch und verdunstet

dort, während die Mischung in der Blase verhältnissmässig reicher an Alkohol und ärmer an Wasser wird.

Schliesst man dagegen wässerigen Weingeist in eine Kautschukblase ein, so tritt mehr Weingeist als Wasser durch die Blasenwände hindurch, die in der Blase zurückbleibende Flüssigkeit wird verhältnissmässig ärmer an Weingeist und reicher an Wasser.

Es würde zu weit führen, noch mehr Beispiele der Art beizubringen; die obigen genügen, zu zeigen, dass in manchen Fällen die durch eine permeable Substanz hindurchgetretene Flüssigkeit eine andere chemische Zusammensetzung hat, als diejenige, von welcher sie abstammt.

Ich will hier keinen Versuch machen, die letzten Ursachen dieser Erscheinung zu erforschen. Man kann sich das Resultat so erklären, dass die permeable Substanz in einigen Fällen gewisse Stoffe chemisch anzieht und sie fest hält, in anderen Fällen dagegen gewisse Stoffe abstösst und ihnen den Eintritt in ihre Zwischenräume verweigert. Beide Arten von Fällen geben insofern ein gleiches Resultat, als die auf die eine oder andere Art eliminirten Stoffe in der durchgetretenen Flüssigkeit ganz oder zum Theil fehlen.

Das einfachste Mittel, diese chemische Wirkung verschiedener Substanzen auf verschiedene Flüssigkeiten zu prüfen, besteht darin, dass man auf die im vorigen §. beschriebene Weise Flüssigkeiten durch verschiedene Membranen hindurch filtriren lässt und untersucht, ob und in wie weit die hindurchgegangene Flüssigkeit sich chemisch von der aufgegossenen unterscheidet.

Wir wollen nun nach diesen allgemeinen Betrachtungen einige Fälle, in denen Flüssigkeiten mit permeablen Scheidewänden in Berührung kommen, etwas näher ins Auge fassen.

§. 8.

Einer der einfachsten Fälle ist der, wo zwei gleiche Flüssigkeiten durch eine permeable Scheidewand von einander getrennt sind. Ist hier der hydrostatische Druck auf beiden Seiten gleich, so wird gar keine Veränderung eintreten. Ist dagegen der Druck auf die eine Flüssigkeit stärker, so wird von der letzteren eine gewisse Menge an die andere Flüssigkeit übergehen. Diese Menge entspricht dem Ueberschuss des Druckes auf der einen Seite, weniger dem Widerstand, welchen die mechanische Capillarkraft diesem Drucke entgegensetzt. Hiebei wird jedoch vorausgesetzt, dass die Scheidewand auf die Flüssigkeit keine specifische chemische Wirkung ausübt, sondern sie unverändert hindurchgehen lässt. Das Endresultat des Vorganges besteht also einfach darin, dass die eine Flüssigkeit eine gewisse Menge an die andere abgiebt, ohne etwas dafür zu erhalten; das Volumen der einen Flüssigkeit nimmt zu, das der anderen auf eine entsprechende Weise ab.

Kommt dagegen noch eine specifische chemische Wirkung der Scheidewand hinzu, d. h. hat die durchtretende Flüssigkeit eine andere Beschaffenheit, als die auf beiden Seiten befindlichen, so werden die beiden Flüssigkeiten chemisch ungleich, der Fall wird verwickelter und schliesst sich an die später zu betrachtenden an.

§. 9.

Ein anderer, ziemlich einfacher Fall ist der, wo sich auf der einen Seite der Scheidewand eine Flüssigkeit befindet, auf der anderen eine Substanz, welche diese Flüssigkeit anzieht, ohne sich in ihr aufzulösen.

Füllt man z. B. eine Thonzelle, eine mit thierischer Membran verschlossene Glasröhre etc. mit Löschpapier, trockenem Badeschwamm, oder auch mit getrockneten thierischen oder vegetabilischen Theilen, Faserstoff, geronnenem

Eiweiss, Kirschgummi, Schleim etc. und stellt sie in ein Gefäss mit Wasser, so dringt das Wasser durch die Scheidewand hindurch und geht dann von der Innenfläche derselben an die zum Versuche gewählte Substanz über, macht diese aufquellen.

Auch hier ist das Durchdringen ein einseitiges, d. h. es gehen von der Flüssigkeit Theile durch die Scheidewand hindurch, ohne dass sie etwas dagegen empfängt. Die Quantität der Flüssigkeit, welche in einer gegebenen Zeit durch die Scheidewand hindurchgeht, hängt ab von der Oberfläche der letzteren und von der grösseren oder geringeren Energie, mit welcher die Substanz im Inneren die ihr von der Scheidewand dargebotene Flüssigkeit anzieht, dann von der Menge jener Substanz.

Die Qualität der hindurchgegangenen Flüssigkeit hängt ab 1) von dem chemischen Einfluss der Scheidewand auf die gegebene Flüssigkeit. Die Innenfläche der Scheidewand wird der Substanz nur die Flüssigkeit darbieten, welche durch sie hindurchzugehen vermag (§. 7.); 2) von der chemischen Anziehungskraft, welche die Substanz selbst auf die einzelnen Bestandtheile der ihr von der Scheidewand dargebotenen Flüssigkeit ausübt.

Man kann die hieher gehörigen Fälle auch so ansehen, als ob sich eine Flüssigkeit in eine permeable Substanz imbibire, welche aus Schichten von verschiedener Beschaffenheit (Scheidewand und Innensubstanz) besteht, und kann dieselben benutzen, um durch eine genaue chemische Untersuchung des Imbibirten, welches sich hier in grösserer Menge erhalten lässt, die chemische Capillarwirkung verschiedener Substanzen auf zusammengesetzte Flüssigkeiten zu bestimmen.

§. 10.

Verwickelter sind die Fälle, wo zwei mit einander mischbare Flüssigkeiten von ungleicher Beschaffenheit durch eine

permeable Scheidewand getrennt sind. Hier wird durch die gegenseitige chemische Anziehung, welche die Bestandtheile der einen Flüssigkeit auf die der anderen ausüben, ein Bestreben der beiden Flüssigkeiten entstehen, sich chemisch auszugleichen (§. 1.) und als Endresultat der Berührung wird auch diese Ausgleichung immer erfolgen, aber je nach den Umständen in kürzerer oder längerer Zeit und mit verschiedenen Nebenumständen, indem z. B. die Volumina der beiden Flüssigkeiten entweder unverändert bleiben, oder das der einen zunehmen, das der anderen abnehmen kann.

Das einzig wahrhaft praktisch wichtige Moment, dessen Erforschung bei Anstellung aller Versuche über diesen Gegenstand die Hauptaufgabe sein muss, lässt sich in folgende einfache Frage zusammenfassen: welche Bestandtheile der Flüssigkeit A (sowohl der Qualität als der Quantität nach) gehen in einer bestimmten Zeit nach B, und welche von B nach A über? Wissen wir dieses, so kennen wir damit nicht bloss die chemische Zusammensetzung der beiden Flüssigkeiten nach einer bestimmten Zeit ihres Aufeinanderwirkens, sondern auch ihre Volumina und wissen, ob die eine zu und die andere abgenommen hat, oder ob beide ihre Volumina unverändert erhalten haben. Umgekehrt lässt sich aber aus einer quantitativen chemischen Untersuchung der beiden Flüssigkeiten mit Berücksichtigung ihrer absoluten Mengen jene Frage leicht beantworten, und es ist sehr zu bedauern, dass man bisher bei Versuchen über sogenannte Endosmose fast nur auf die eintretenden Volumsveränderungen in den beiden Flüssigkeiten, die doch nur ein einzelnes Moment des ganzen Vorganges bilden, nicht aber auf die eintretenden quantitativen chemischen Veränderungen der Flüssigkeiten Rücksicht genommen hat.

Die Beantwortung der obigen Frage ist für jeden einzelnen Fall nur auf dem Wege des Versuchs möglich und

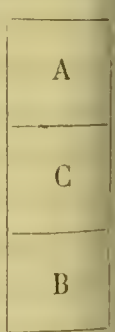
zwar, da jeder einzelne Versuch aus den früher erwähnten Gründen auch bei der grössten Vorsicht nicht ganz gleiche Resultate liefert, für jeden einzelnen Fall nur durch viele Versuche. In dieser Hinsicht ist noch eine grosse Lücke auszufüllen und einzelne Versuche, ja selbst einzelne Versuchsreihen sind hier so wenig genügend, dass ich es unterlasse, die Resultate einer Reihe von Versuchen, die ich über die Mischung von Salzlösungen und Wasser, und von Lösungen verschiedener Salze in Wasser durch Thonzellen und thierische Membranen hindurch angestellt habe, hier mitzutheilen.

Doch lassen sich gewisse allgemeine Betrachtungen hierüber anstellen, welche dienen können, theils die Resultate mancher Versuche zu erklären, theils auch einige derselben wenigstens annähernd vorauszubestimmen.

Es lassen sich die hieher gehörigen Fälle in Bezug auf die chemische Wirkungsweise der Scheidewand unter drei Klassen bringen:

1. Die Scheidewand hat gar keine chemische Einwirkung auf die Flüssigkeiten; beide durchdringen die Substanz derselben ganz frei und mischen sich in ihr. Die chemische Zusammensetzung der in der Substanz der Scheidewand befindlichen Flüssigkeit (C Fig. 7) ist das einfache Resultat aus der gegenseitigen chemischen Anziehung der beiden ursprünglichen Flüssigkeiten (A und B Fig. 7). Die Scheidewand spielt in diesem Falle bei der Mischung nur insofern eine Rolle, als sie mechanische Capillarkräfte besitzt: davon abgesehen, geht die Mischung eben so vor sich, als wenn sich beide Flüssigkeiten in einem gemeinschaftlichen Gefässe befänden (§. 1—3).

Fig. 7.



2. Die Scheidewand lässt nur die Bestandtheile der einen Flüssigkeit, nicht aber die der anderen hindurch. Die in der Scheidewand befindliche Flüssigkeit (C Fig. 7)

hat also ganz die Zusammensetzung der einen Flüssigkeit (C = A oder B). Das Resultat ist ganz dasselbe, wie §. 4, wo sich Salz mit Oel und Wasser berührt, oder wie §. 9. Es gehen nur die Bestandtheile von A, welche die Scheidewand zu durchdringen vermögen, nach B über, aber Nichts umgekehrt von B nach A.

3. Die Scheidewand lässt Bestandtheile von beiden Flüssigkeiten hindurchtreten, aber in ungleichen Verhältnissen. C wird also eine eigenthümliche Zusammensetzung haben, verschieden von der, welche entstehen würde, wenn A und B unmittelbar gemischt werden.

Der weitere Vorgang ist in allen drei Fällen derselbe; er besteht darin, dass C nach den Gesetzen, wie sie für die Mischung von Flüssigkeiten in gemeinschaftlichen Gefässen gelten, sich sowohl mit B, als auch mit A ausgleicht, was so lange fortdauert, bis endlich alle Theile von A, B und C sich im vollständigen chemischen und mechanischen Gleichgewichte befinden.

Betrachten wir einige hieher gehörige Fälle etwas näher:

Die einfachsten sind die unter 2 angeführten. C (Fig. 7) = A wird von B angezogen, es wird also ein Theil desselben nach B übergehen, ohne dass umgekehrt etwas von B nach C geht. Das, was C verloren, wird durch neues Eindringen von A aus wieder ersetzt; dieser neu angekommene Theil von A geht wiederum nach B über und zuletzt wird sich die ganze Flüssigkeit A in B befinden. B hat sich um die ganze Masse von A vermehrt und hat dieselbe Zusammensetzung, als wenn A und B unmittelbar gemischt worden wären; vorausgesetzt, dass die Kraft, womit die Scheidewand einen Theil von A in C zurückhält, nicht grösser ist, als die Kraft, womit dieser Theil von B angezogen wird. Solche Fälle kommen in der Natur nicht leicht rein vor: fast alle permeablen Scheidewände der Art enthalten grössere Poren, in welche auch etwas von B eindringen kann, so dass also zuletzt nicht die ganze Flüs-

sigkeit nach B gegangen ist, sondern sich auch in A eine Quantität einer Mischung von A und B befindet. Fälle, welche mehr oder weniger hieher gehören, sind die, wo Wasser und Weingeist durch eine thierische Membran oder durch eine Kautschukplatte getrennt sind; die, wo sich auf der einen Seite einer Scheidewand Wasser, auf der anderen Kirschgummi, Schleim oder andere unauflösliche thierische oder pflanzliche Theile befinden.

In den zur ersten und dritten Klasse gehörigen Fällen ist C eine Mischung aus A und B, wird also sowohl Bestandtheile von A an B, als auch solche von B an A abgeben. Es hängt nun theils von der Beschaffenheit von C, theils von der Grösse der Anziehung, welche die einzelnen Bestandtheile von A und B auf einander ausüben, ab, ob mehr von A nach B, oder von B nach A, oder ob gleiche Quantitäten nach beiden Seiten übergehen; es wird also das Resultat in verschiedenen Fällen ein sehr verschiedenes sein. Die Bestimmung dieser Gesetze des Ueberganges ist für verschiedene Scheidewände und verschiedene Flüssigkeiten nur durch Erfahrung möglich. Einige solcher Gesetze lassen sich schon aus den bisherigen Erfahrungen, namentlich aus den zahlreichen Versuchen von Dutrochet ableiten. So weiss man z. B., dass, wenn concentrirte Lösungen von Salzen, von Gummi, Eiweiss und ähnlichen Substanzen durch eine thierische Membran sich mit Wasser oder mit verdünnteren wässerigen Lösungen derselben Stoffe mischen, mehr von dem Wasser nach der Salzlösung, überhaupt von der dünneren nach der concentrirteren Flüssigkeit hinübergeht, als umgekehrt, dass also das Wasser an Masse abnimmt, die Lösung zunimmt. Die Volumszunahme der concentrirten Flüssigkeit ist aber um so bedeutender, je grösser die Differenz im Concentrationsgrade der beiden Flüssigkeiten ist. Wenn destillirtes Wasser und eine sehr concentrirte Salzlösung durch eine thierische Membran sich mischen, so geht mehr vom Wasser an das Salz über, als

wenn Wasser und eine schwächere Salzlösung durch eine ähnliche Membran getrennt sind.

Umgekehrt verhalten sich die meisten nicht zu concentrirten Säuren; wenn sie sich durch eine thierische Membran mit Wasser etc. mischen, geht mehr von der Säure nach dem Wasser über als umgekehrt; das Volumen der Säure vermindert sich.

Die Quantitäten der in gleicher Zeit von A nach B, und von B nach A wandernden Stoffe richten sich unter übrigens gleichen Verhältnissen nach der Grösse der Oberfläche der Scheidewand: je grösser diese ist, um so mehr geht über und umgekehrt.

Auch die Bewegung oder Ruhe der beiden Flüssigkeiten sind von wesentlichem Einfluss auf die Quantität dessen, was in gleichen Zeiten übergeht. Die Menge dessen, was in gleichen Zeiten und unter übrigens gleichen Verhältnissen übergeht, ist am grössten, wenn beide Flüssigkeiten beständig bewegt werden (§. 3).

Vom grössten Einfluss ist die Beschaffenheit der Membran; alle Einflüsse, welche die chemischen und mechanischen Capillarkräfte derselben verändern, vermindern eben damit auch die Mischungsverhältnisse von Flüssigkeiten, welche durch sie getrennt sind. Die meisten thierischen Membranen sind aus verschiedenen Schichten zusammengesetzt, welche nicht selten verschiedene Capillarkräfte besitzen; es ist daher nicht immer gleichgültig für das Resultat, ob die eine Oberfläche der Scheidewand nach der einen oder nach der anderen Flüssigkeit hin gerichtet ist, wie die Versuche von Matteucci und Cima zeigen. Dies Alles macht die Erscheinungen, welche bei der Mischung von Substanzen durch permeable Scheidewände eintreten, sehr verwickelt, und die Vorausbestimmung dessen, was in einem gewissen Fall eintreten wird, höchst schwierig.

Suchen wir nun einige der bisher erhaltenen Resultate auf die Vorgänge im menschlichen Organismus anzuwenden.

Manche Erscheinungen im Körper beruhen ausschliesslich auf dem Durchdringen von Flüssigkeiten durch organische Scheidewände, bei anderen spielt dieser Vorgang eine mehr oder weniger wichtige Rolle. Indem ich es versuche, im Folgenden einige hieher gehörigen Erscheinungen herauszuheben, ist meine Absicht hauptsächlich die, zur weiteren Verfolgung dieses Gegenstandes, der von der grössten Wichtigkeit für Physiologie und Pathologie ist, und dessen erschöpfende Bearbeitung die Kräfte eines Einzelnen bei weitem übersteigt, recht Viele aufzufordern.

Zunächst ist es klar, dass Alles, was der Körper von aussen her, als Nahrungsmittel im weitesten Sinne des Wortes in sich aufnimmt, nur dadurch in sein Inneres gelangt, dass es im Zustande der Flüssigkeit durch thierische Membranen hindurchdringt. Ich spreche hier nicht weiter von den Gasen, die in den Lungen und zum Theil in der äussern Haut in die Blutgefässe und damit in das Innere des Körpers gelangen; hier soll hauptsächlich nur von den Nahrungsmitteln die Rede sein, welche als Speise und Trank in den Magen gelangen, dort, so weit sie nicht bereits flüssig sind, aufgelöst und dann resorbirt werden. Wie hat man sich diese Resorption zu denken?

Die genossenen Nahrungsmittel kommen zuerst in den Mund, den Schlund, die Speiseröhre. Alle diese Theile sind mit einem dicken Epithelium bedeckt, das Flüssigkeiten nur schwierig den Durchgang gestattet. Im Magen dagegen, dessen Wände Flüssigkeiten leichter den Durchgang gestatten, tritt bereits eine lebhafte Wechselwirkung zwischen dem flüssigen Mageninhalt und dem Blute ein, welches die Magengefässe durchströmt und dieser Vorgang setzt sich durch den ganzen Darmkanal hindurch fort. Der Mageninhalt ist in der Regel viel wässeriger als das Blut: Getränke und die meisten flüssigen Speisen sind es schon an sich, concentrirte Speisen werden es durch die Vermischung mit dem wässerigen Speichel und Magensaft. Wie in den mei-

sten Fällen, wo eine concentrirtere Flüssigkeit mit einer wasserreicheren in Berührung kommt, geht ohne Zweifel auch hier von der dünneren Flüssigkeit durch die membranöse Scheidewand hindurch mehr an die concentrirtere über, als umgekehrt. So geht also allmälig ein grosser Theil des Magen- und Darminhaltes in das Gefässsystem über, und zwar sowohl Wasser, als die in demselben aufgelösten Stoffe, während dagegen viel weniger aus dem Blute an die Flüssigkeit des Verdauungskanales übergeht, wie dieses die Versuche von Poiseuille direkt beweisen. Welches die Stoffe sind, welche aus den Gefässen (der Blutflüssigkeit) an den Inhalt des Darmkanales übergehen, darüber fehlen bis jetzt genauere Untersuchungen, wahrscheinlich sind es aber Salze mit einer kleinen Menge von Extraktivstoffen und wenig Proteinverbindungen, welche letztere sich dabei in Schleim umwandeln. Ohne Zweifel ist das, was man gewöhnlich Magen- und Darmschleim nennt, eben jenes Aequivalent, welches für den aufgenommenen Magen- und Darminhalt bei der Verdauung aus dem Blute austritt; doch versteht es sich von selbst, dass Magen- und Darmschleim auf die später bei den Secretionen zu betrachtende Weise aus dem Blute abgesondert werden kann, ohne dass dieses etwas dafür empfängt. Es ist aber auf eine höchst wunderbare Weise Alles so angeordnet, dass allmälig fast der ganze Magen- und Darminhalt in das Innere des Organismus eindringen kann, ohne dass dafür eine erhebliche Menge von Substanz als Aequivalent aus dem Blute in den Nahrungskanal übergienge. Zuerst scheint hierbei die saure Beschaffenheit des Magensaftes von Wichtigkeit. Wir wissen nämlich aus den Versuchen von Dutrochet, dass saure Flüssigkeiten vorzugsweise bei der Mischung mit einer anderen Flüssigkeit durch eine thierische Membran hindurch mehr an diese abgeben, als von ihr empfangen, und so scheint also gerade die saure Beschaffenheit des Mageninhaltes ein Mittel zu sein, um seine Resorption auf eine einfache

physikalische Weise zu begünstigen. Es wäre jedenfalls der Mühe werth, über diesen wahrscheinlichen Einfluss der Säure des Magensaftes auf die Resorption des Speisebreies eine Reihe genauerer Versuche anzustellen. Der Speisebrei zeigt aber seine saure Beschaffenheit nicht blos im Magen, sondern auch im Anfange des Dünndarmes und verliert sie erst im Verlaufe, ja häufig erst gegen das Ende desselben. Es ist demnach dieses Unterstützungsmittel der Resorption des Speisebreies nicht auf den Magen allein beschränkt.

Je mehr zwei durch eine thierische Membran von einander getrennte Flüssigkeiten in ihrem Concentrationsgrad differiren, um so mehr nimmt verhältnissmässig die concentrirtere von der dünneren auf. Der Uebergang der Nahrungsmittel in das Blut wird daher wesentlich befördert durch die Beimengungen anderer sehr wässeriger Säfte, namentlich der Galle und des pankreatischen Saftes, wozu noch kommt, dass wir einige Zeit nach der Mahlzeit in der Regel das Bedürfniss fühlen, zu trinken, was wiederum zur Verdünnung des Mageninhaltes beiträgt. Die Galle ist schon an sich viel wässeriger als das Blut: sie enthält im Mittel etwa 10 proc. fester Bestandtheile, während das Blut über 20 proc. enthält. Die Galle wird aber im Darmkanal noch wässeriger dadurch, dass ein Theil ihrer festen Bestandtheile, das gallensaure Natron, durch die Säure des Chymus zersetzt wird und sich zum Theil im modificirten Zustand als Dyslysin etc. unlöslich ausscheidet. Sie trägt also wesentlich zur Verdünnung des Speisebreies bei und erleichtert dessen Resorption. Ebenso der pankreatische Saft, welcher, wiewohl wir wenig über seine Zusammensetzung wissen, doch jedenfalls viel wässeriger ist als das Blut (er enthält etwa 8 proc. feste Bestandtheile). Ein anderes Mittel, welches auf denselben Zweck hinwirkt, liegt im Kreislauf des Blutes. Dieser hat zur Folge, dass dasjenige Blut, welches durch Aufnahme von wässerigern Bestandtheilen aus dem Chymus verdünnter geworden ist, beständig weggeführt und

durch neues concentrirteres ersetzt wird. Durch alle diese Verhältnisse wird eine grössere Differenz in der Concentration zwischen Speisebrei und Blut gegeben und damit bewirkt, dass der grösste Theil der genossenen Nahrungsmittel aus dem Darmkanal unmittelbar in die Blutgefässe übergeht, ohne dass eine gleich grosse Quantität von dem Inhalt des letzteren dafür an den Darminhalt überzugehen braucht. Es müssen aber jedenfalls über diese Punkte noch genaue Versuche in hinreichender Anzahl angestellt werden, und namentlich auch darüber, ob alle Bestandtheile des Chymus gleich leicht in das Blut übergehen, oder einige leichter als andere.

Indessen trotz dieser Veranstaltungen bleibt häufig, wenigstens nach dem Genusse von festen oder an festen Bestandtheilen sehr reichen Nahrungsmitteln ein Theil derselben in so concentrirtem Zustande im Darmkanale zurück, dass nicht mehr von ihnen durch Austausch mit den Blutbestandtheilen in die Blutgefässe übergehen kann. Für diese Fälle kommt noch eine eigene Veranstaltung hinzu, die Chylusgefässe. Wie man sich auch die Anfänge dieser Gefässe denken mag, so viel ist gewiss, sie entspringen aus Höhlenräumen in den Darmzotten, die aber nicht durch offene Mündungen mit der Darmhöhle communiciren, sondern durch eine membranöse Scheidewand — Schleimhaut mit Epithelium — von ihr getrennt sind. Der Uebergang des Darminhaltes in dieselben kann also nur in Folge einer Durchdringung dieser Scheidewände geschehen. Auch hier finden wir wiederum verschiedene Einrichtungen, welche diesen Uebergang möglich machen. Zunächst sind die Chylusgefässe im nüchternen Zustande mit einer Flüssigkeit, der Lymphe, gefüllt, welche, wiewohl weniger concentrirt als das Blut, doch meist noch concentrirter als der Speisebrei ist und ähnlich, wie das Blut, mehr von diesem aufnimmt, als an ihn abgiebt. Indessen ist dieses Moment nur untergeordnet, und die Chylusgefässe stehen in Ausübung

dieser Funktion jedenfalls an Wirksamkeit den Blutgefässen bedeutend nach. Ein zweites, viel wirksameres Moment, welches den flüssigen Theil des Darminhaltes in die Chylusgefässe überführt und zugleich in diesen weiter treibt, ist mechanischer Natur. Durch die peristaltischen Bewegungen des Darmkanales (Zusammenziehungen seiner Muskelhäute) wird auf den Inhalt desselben ein so bedeutender mechanischer Druck ausgeübt, dass ein Theil desselben (natürlich im flüssigen Zustande) durch die Darmwände hindurch gedrängt, in die Chylusgefässe übergeführt, und in diesen weiter getrieben wird. Da nun die Klappen der Chylusgefässe beim Aufhören der Zusammenziehungen des Darmkanales den Rückfluss des Chylus verhindern, so wird auf diese Weise auch der Theil des Speisebreies, welcher wegen seiner Concentration nicht mehr unmittelbar durch Diffusion in das Blut übergehen kann, auf einem Umwege in das Gefässsystem übergeführt. Es ergiebt sich daraus von selbst, dass bei mangelnder oder abnormer Contraction des Darmkanales der Theil der Verdauung, welcher von der Resorption der Chylusgefässe abhängt, Störungen erleiden muss.

Die Chylusgefässe haben noch einen ferneren Nutzen für die Verdauung, indem sie zur Resorption des Fettes dienen. Das Fett mischt sich nicht mit Wasser, es kann durch Membranen, welche mit wässerigen Lösungen befeuchtet sind, gar nicht oder nur sehr schwer hindurchgehen und kann namentlich aus dem Chymus in die Blutgefässe nicht oder nur in sehr geringer Menge eindringen. Wohl aber kann das Fett aus dem Darmkanal in die Chylusgefässe eindringen, wie die Untersuchung des Chylus von Thieren, die man bald nach dem Genuss von fettreichen Nahrungsmitteln tödtet, beweist. Das Durchdringen des Fettes durch die Darmwände in die Chylusgefässe erfolgt ohne Zweifel auf ähnliche Weise, wie das Durchdringen von Oel durch ein mit Wasser befeuchtetes Filtrum: an einzelnen Stellen des Filters nämlich wird durch die Oel-

theile bei längerer Berührung das Wasser verdrängt, das Filtrum tränkt sich an diesen Stellen mit Oel und bildet so gewissermassen Brücken für den Durchtritt der nachfolgenden Oeltheile, welche ebenso wie die wässerigen Theile des Speisebreies durch mechanischen Druck in die Chylusgefässe hinübergetrieben werden. Das Fett wird also nicht etwa durch die Wirkung einer Verdauungsflüssigkeit aufgelöst; diese Auflösung erfolgt bereits durch die Wärme des Körpers und Fettmischungen, deren Schmelzpunkt höher liegt, als 40 ° C., werden entweder gar nicht verdaut (d. h. resorbirt), oder sehr allmälig dadurch, dass sie durch später genossenes flüssigeres Fett aufgelöst werden. Bei der Resorption einer fettreichen Nahrung theilt sich die Oberfläche des Darmkanales gewissermassen in zwei Theile, von denen der eine den wässerigen Chylus, der andere das Fett resorbirt. Die Verdauung fetter Speisen erfolgt aber langsamer, als die wässeriger, weil das Fett eine gewisse Zeit nöthig hat, um das Wasser aus den Wänden einzelner Darmzotten zu verdrängen. Genuss von Fett bei nüchternem Magen erschwert ferner die Resorption nachfolgender wässeriger Flüssigkeiten, indem es sich an die Oberfläche des Darmkanales anlegt, und diese mit einer Oelschicht überzieht, welche das Eindringen des Wassers hindert. Dies erklärt, warum reichlicher Wassergenuss nach fettreicher Speise Beschwerden veranlasst, und ebenso, warum durch den Genuss einiger Löffel Oel bei nüchternem Magen die Wirkung berauschender Getränke, namentlich des Bieres, eine Zeit lang gehemmt wird.

Bemerkenswerth ist noch eine physiologische Folge aus den früheren Angaben über die Resorption des Weingeistes. Wenn Weingeist sich durch thierische Membranen mit wässerigen Flüssigkeiten diffundirt, so geht nur sehr wenig Weingeist zum Wasser, dagegen sehr viel Wasser zum Weingeist über. Dies hat offenbar die Wirkung, dass der Weingeist, selbst in sehr concentrirtem Zustand in den Ma-

gen aufgenommen, nur sehr langsam und in verdünntem Zustande in das Blut gelangen kann. Dadurch wird es aber unmöglich gemacht, dass er seine gewöhnliche Wirkung, das Eiweiss zu coaguliren, je im Blute des lebenden Organismus ausübt.

In gewissen Fällen wird durch die Wirkung von Arzneien die Resorption von Nahrungsmitteln und Getränken im Darmkanal aufgehoben. Dies geschieht namentlich durch Salze, welche fast alle eine abführende Wirkung haben, und beruht darauf, dass concentrirte Salzlösungen der Blutflüssigkeit durch thierische Membranen hindurch mehr entziehen, als sie an dieselbe abgeben, wie Poiseuille durch direkte Versuche gefunden hat. Doch müssen erst noch genauere Untersuchungen darüber angestellt werden, welche Stoffe und in welchem Verhältnisse von dem Blute an die Salzlösung übergehen. Opium stillt bekanntlich Diarrhöen: auch diese Erscheinung lässt sich nach Poiseuille's Versuchen auf Aenderungen in den Capillarkräften der Darmhäute zurückführen; es wird nämlich bei Zusatz von Opium zu einer Salzlösung, die mit Blutserum durch eine thierische Membran hindurch in Diffusion tritt, nicht wie es ohne Opiumzusatz der Fall ist, von der Salzlösung mehr angezogen, als abgegeben; doch sind auch hierüber noch genauere chemische Untersuchungen wünschenswerth. Wahrscheinlich werden sich in Zukunft, wenn die Versuche über diesen Gegenstand sich vervielfältigt haben werden, noch manche andere Wirkungen von Arzneimitteln auf die Resorption im Darmkanal auf die besprochenen Diffusionserscheinungen zurückführen lassen.

Nur diejenigen Bestandtheile vom Inhalt des Darmkanales können resorbirt werden, welche aufgelöst sind: alles Nichtgelöste oder unlöslich Gewordene geht mit den Excrementen ab. Es versteht sich dies so von selbst, dass ich es mit Stillschweigen übergehen würde, wenn nicht einzelne Physiologen noch in neuester Zeit der Ansicht anhien-

gen, dass auch ungelöste Substanzen in höchst fein vertheiltem Zustande in die (nicht existirenden) offenen Mündungen der Chylusgefässe eindringen könnten.

In den seltenen Fällen, wo die äussere Haut durch Bäder oder Einreibungen tropfbare Flüssigkeiten resorbirt, verhält es sich ganz ähnlich wie beim Darmkanal, nur dass hier wegen der grösseren Dicke der Epidermis die Wirkung weniger energisch ist, so dass die Resorption sich hauptsächlich auf Hautstellen beschränkt, wo das Epithelium dünner ist, wie namentlich in den zahlreichen Hautdrüsen.

Wir betrachten nun die Vorgänge, bei welchen durch Diffusion Flüssigkeiten aus dem Innern des Organismus heraustreten, Vorgänge, die man gewöhnlich mit dem Namen der Absonderung, Sekretion bezeichnet. Ich beschränke mich hier wiederum auf die tropfbaren Flüssigkeiten, da die Gesetze, nach welchen sich elastische Flüssigkeiten mit tropfbaren diffundiren, wie z. B. beim Respirationsprocess, noch viel weniger bekannt sind.

Eine der einfachsten derselben ist die Hautausdünstung und Schweissabsonderung. Erstere rührt offenbar daher, dass die Haut, d. h. die Cutis und die unteren weichen Schichten der Epidermis, das sogenannte Rete Malpighii mit einer Flüssigkeit getränkt ist, welche aus dem Blute stammt und von welcher beständig eine gewisse Menge Wasser mit Gasen und anderen flüchtigen Bestandtheilen in die Atmosphäre verdunstet, während die nicht flüchtigen Bestandtheile zurückbleiben. Bei der Schweissbildung hat man Gelegenheit, diese Flüssigkeit in grösserer Menge zu erhalten, kann sie untersuchen und ihre Zusammensetzung mit der des Blutes, von welchem sie ohne Zweifel abstammt, vergleichen. Zwischen beiden zeigt sich aber ein sehr grosser Unterschied: der Schweiss ist nämlich sehr viel verdünnter als das Blut, er enthält neben Wasser nur eine kleine Menge von Salzen und Extraktivstoffen. Die aus mehreren Mo-

menten zusammengesetzten Vorgänge bei seiner Bildung hat man sich etwa so zu denken. Seine letzte Quelle ist das Blut: dieses steht überall im Gefässsysteme durch die Zusammenziehungen des Herzens unter einem grösseren hydrostatischen Drucke, als die ausser ihm, im Zellgewebe etc befindliche Flüssigkeit. Es tritt daher beständig eine gewisse Quantität der Blutflüssigkeit durch die Gefässwände hindurch nach Aussen, und zwar so viel, als dem Ueberschuss des hydrostatischen Druckes in den Gefässen über den hydrostatischen Druck der äusseren Flüssigkeiten, minus der mechanischen Capillarkraft der Gefässwandungen entspricht. Die chemische Zusammensetzung dieser Flüssigkeit hängt ab von der chemischen Capillarkraft der Gefässwandungen; d. h. sie ist nicht unveränderte Blutflüssigkeit sondern eine bereits modificirte. Indem nun diese Flüssigkeit an die Oberfläche der Haut, in die lumina der Schweissdrüsen vordringt, muss sie noch andere organische Scheidewände, das Gewebe der Cutis, die Wandungen der Schweissdrüsen und ihr Epithelium durchdringen. Diese wirken aber ebenfalls umändernd auf sie ein, d. h. sie lassen gewisse Bestandtheile derselben leichter als andere hindurchtreten, und so kommt es, dass die Zusammensetzung des Schweisses von derjenigen der Blutflüssigkeit aus welcher er abstammt, sehr differirt. Wir wollen versuchen, diese Verhältnisse noch weiter in's Einzelne zu verfolgen.

Zuerst ist es offenbar von der grössten Wichtigkeit, zu wissen, wie die Flüssigkeit beschaffen ist, welche vom Blute aus durch die Gefässwände hindurchschwitzt, und welche ich, da sie überall im Körper, wo Blutgefässe sich verzweigen, verbreitet ist, mit dem Namen der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit bezeichnen will. Es ist von Vorne herein wahrscheinlich, dass ihre Beschaffenheit von mehreren Bedingungen abhängig ist: 1) von der Beschaffenheit des Blutes, 2) von der Beschaffenheit der Gefäss-

wände, d. h. von den mechanischen und chemischen Capillarkräften derselben: es ist demnach wahrscheinlich, dass sie eine andere ist bei den Venen, eine andere bei den Capillargefässen; es ist ferner möglich, dass verschiedene Capillargefässe bereits im Normalzustande eine verschiedene Flüssigkeit durch ihre Wände hindurchtreten lassen — 3) hängt ihre Beschaffenheit ohne Zweifel ab von den Druckverhältnissen im Gefässsystem, so dass bei sehr verdichteter, zusammengezogener Gefässwand eine andere Flüssigkeit hindurchtritt, als bei sehr erschlaffter und laxer Wand. Da aber die Erschlaffung und Zusammenziehung der Gefässwände vom Nervensystem abhängt, so ergiebt sich hieraus der wichtige Einfluss des Nervensystemes auf die Secretion. Leider wissen wir über den Einfluss aller dieser Verhältnisse auf die Beschaffenheit der durchtretenden Flüssigkeit bis jetzt noch sehr wenig Sicheres, und es ist hier noch ein weites Feld offen, wo sich durch zahlreiche und gründliche Versuche grosse und bleibende Verdienste um die Wissenschaft erwerben lassen. Es ergiebt sich aber aus einer vergleichenden Betrachtung der Zusammensetzung verschiedener normaler und pathologischer Flüssigkeiten, welche sich als mehr oder weniger veränderte Ernährungsflüssigkeit betrachten lassen, wie der Lymphe, des Eiterserum, der entzündlichen Exsudate etc., dass die allgemeine Ernährungsflüssigkeit, welche durch den hydrostatischen Blutdruck aus den Capillargefässen austritt, im Wesentlichen dieselben Bestandtheile enthält als die Blutflüssigkeit, aber in anderem Verhältnisse. Sie enthält nämlich im Allgemeinen mehr Wasser, etwas mehr Extraktivstoffe und Salze, dagegen etwas weniger Proteinverbindungen (Eiweiss und Faserstoff) als die Blutflüssigkeit. Die Flüssigkeit dagegen, welche durch die Wandungen der Venen hindurchtritt (seröser Hydrops), scheint sich von der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit durch den Mangel an Faserstoff zu unterscheiden. In pathologischen Verhältnissen

dagegen, bei Erweiterung oder Verengerung der Gefässe und bei Veränderungen des Blutes kann die Beschaffenheit derselben, wie die Erfahrung zeigt, beträchtliche Abweichungen erleiden, deren Kenntniss bis jetzt aber noch sehr lückenhaft ist.

Kehren wir nun nach dieser Betrachtung der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit wieder zur Schweissbildung zurück. Der Schweiss hat seine nächste Quelle in der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit, welche bereits verdünnter als die Blutflüssigkeit ist, und mehr Salze und Extraktivstoffe, dagegen weniger Proteinverbindungen als diese enthält. Ehe diese Flüssigkeit in die Schweissdrüsen gelangt, erfährt sie eine nochmalige Filtration durch die Substanz der Cutis, die Wände und das Epithelium der Schweissdrüsen. Diese halten wiederum gewisse Bestandtheile der Ernährungsflüssigkeit zurück, namentlich die Proteinverbindungen, welche sie zu ihrer eigenen Neubildung und Ernährung verwenden, und einen Theil der Salze; geben aber dafür wahrscheinlich eine kleine Quantität von Stoffen, welche aus ihrem chemischen Entwicklungsprocess hervorgehen, namentlich Extraktivstoffe, an die durchtretende Flüssigkeit ab. So kommt es, dass der Schweiss in seiner Zusammensetzung so sehr von der Blutflüssigkeit abweicht, indem er neben Wasser nur eine geringe Quantität von Salzen und Extraktivstoffen enthält. In pathologischen Fällen vermag der Schweiss eine andere Zusammensetzung anzunehmen, theils dadurch, dass die Capillarverhältnisse der Blutgefässe sich ändern, also eine andere als die normale Ernährungsflüssigkeit aus ihnen austritt, theils durch Aenderungen in den Capillarverhältnissen der Haut und Epidermis. Eine gewisse Aehnlichkeit mit den Entstehungsverhältnissen des Schweisses haben die verschiedener pathologischer Flüssigkeiten, welche wir auf der Haut auftreten sehen, der Inhalt der Vesicantien- und Verbrennungsblasen, Pusteln, Bläschen u. s. f. Bei hinweggenommener Epidermis wird ein

Theil dieser Flüssigkeiten zu Eiter, weil die Proteinsubstanzen, welche im Normalzustande zur Regeneration der Epidermis verwandt werden, dann sich auf eigene Faust zu Eiterzellen entwickeln.

Ganz ähnlich wie die Schweissbildung verhält sich die Thränenabsonderung. Auch hier ist das Secret, welches ohne Zweifel aus dem Blute, resp. der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit stammt, nach seinem Durchgange durch die Wände der Thränendrüsen und ihr Epithelium so modificirt worden, dass es fast nur aus Wasser mit einer geringen Menge von Salzen und Extraktivstoffen besteht.

Bei den meisten Secretionen kommt aber zu dem blossen Austreten von Flüssigkeiten aus dem Blute durch Diffusion noch ein neues Moment hinzu. Es wird nämlich ein Theil der durchtretenden Flüssigkeit durch organisch-chemische Processe modificirt und so in veränderter Form dem Secrete beigemischt. Am deutlichsten tritt dies hervor bei den Secreten der keimbereitenden Geschlechtstheile, des Hoden und Eierstockes, wo dieser Antheil die Hauptmasse des Secretes bildet. So entwickeln sich z. B. im Hoden aus der in den Secretionskanal übergetretenen Flüssigkeit, ohne Zweifel aus den Proteinverbindungen derselben organisirte Gebilde, die Samenfaden, welche mit der übrigbleibenden Flüssigkeit das Secret bilden.

Ein sehr allgemeines Product der Art, welches sich fast in allen Secretionskanälen bildet, ist der Schleim. Er bildet sich auf allen Schleimhäuten, d. h. auf allen sehr gefässreichen, mit einem dünnen Epithelialüberzug versehenen Flächen. Seine Entstehung ist wahrscheinlich so zu erklären, dass die sparsameren Zellen des Epithelium nicht so wie die vielfachen Schichten der Epidermis den ganzen Proteininhalt des Secretes zu ihrer Ernährung verwenden, sondern einen Theil desselben übrig lassen, der mit Salzen und namentlich mit alkalischen Basen verbunden und da-

durch modificirt, in das Secret übergeht, und einen schleimigen Ueberzug des Secretionskanales bildet. Das, wie es scheint, allgemeine Gesetz, dass bei der normalen Secretion die aus der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit in die Secretionskanäle übergehenden Proteinstoffe verschwinden, indem sie entweder zur Ernährung verwandt, oder in Schleim umgewandelt werden, erklärt die auf den ersten Anblick so paradoxe Thatsache, dass kein Secret (mit Ausnahme des pankreatischen Saftes?) im Normalzustande gerinnbares Eiweiss enthält, während das Blut und die allgemeine Ernährungsflüssigkeit doch an diesem Stoffe so reich sind.

Nur die Milch macht hiervon eine Ausnahme. Sie enthält zwar kein Eiweiss, aber Käsestoff, der, wie Scherer gezeigt hat, nur eine durch Verbindung mit alkalischen Basen hervorgebrachte Modification des Eiweiss ist. Die Brustdrüse zeigt überhaupt so viele Eigenthümlichkeiten in der Beschaffenheit ihres Secretes, dass wir etwas länger bei ihr verweilen wollen. Zunächst ist ihr Secret sehr concentrirt (es enthält im Mittel etwa 15 proc. feste Bestandtheile), nähert sich hierin dem Blute und bildet einen starken Contrast mit dem so sehr verdünnten Schweiss und den Thränen. Ihre Wände lassen also die Ernährungsflüssigkeit in sehr concentrirtem Zustand hindurchtreten, üben aber dabei den Einfluss aus, dass sie das Eiweiss in Käsestoff umwandeln, d. h. mit Alkalien verbinden. Ohne Zweifel geschieht dieses erst in der Drüse, durch den Einfluss ihrer Zellen. Eine andere Eigenthümlichkeit der Brustdrüse besteht darin, dass sie Fett aufnimmt, ja dieses aus dem Blute an sich zieht. Auch diese Wirkung scheint von Drüsenzellen auszugehen, welche Fett anziehen, das dann, indem sich die Zellen auflösen, in Freiheit gesetzt wird und sich in der Form von Tropfen der Milch beimischt. Dass das Fett erst in der Brustdrüse aus anderen Stoffen gebildet werde, ist zwar nicht unmöglich, mir aber sehr unwahrscheinlich.

Diese Eigenschaft, aus dem Blute oder der allgemeinen Ernährungsflüssigkeit Fett anzuziehen, haben auch noch andere Drüsen, die Fettdrüsen der Haut, namentlich die Achseldrüsen, die Drüsen der Genitalien, Ohrenschmalzdrüsen etc. Ist eine solche Drüse einmal mit Fett gefüllt, so verwehrt dieses aus physikalisch-chemischen Gründen wässerigen Flüssigkeiten den Zutritt und die Drüse nimmt nur Fett auf. Auch das Fettzellgewebe im Parenchym des Körpers scheint diese Eigenschaft zu haben.

Die Speicheldrüsen stehen in der Mitte zwischen Schweiss- und Schleimdrüsen. Ihr Secret ist sehr wässerig, es enthält kaum 1 proc. fester Bestandtheile und zeigt neben Wasser nur eine kleine Quantität von Salzen und Extraktivstoffen: die Proteinverbindungen der durch sie hindurchdringenden Ernährungsflüssigkeit gehen in Schleim über. Ob der Speichelstoff, den ihr Secret enthält, schon im Blute enthalten ist und von ihren Drüsenzellen bereits fertig gebildet angezogen wird, oder erst in der Drüse durch die chemische Wirkung ihrer Zellen aus anderen Stoffen bereitet wird, muss noch dahingestellt bleiben.

Eigenthümlich verhalten sich die Magendrüsen: ihr Absonderungsproduct, wässerige Flüssigkeit mit Salzen und Extraktivstoffen, kommt in so fern mit dem Speichel überein; beigemengte Reste aufgelöster Drüsenzellen deuten auf verbrauchtes, durch Organisation verändertes Protein. Aber der Magensaft bietet die Eigenthümlichkeit dar, dass er eine freie Säure enthält. Die Art, wie die Säure in ihn gelangt, ist noch räthselhaft, um so mehr, da wir nicht einmal die chemische Beschaffenheit derselben genau kennen, denn während nach früheren Untersuchungen die Säure des Magensaftes für Salzsäure galt, ist sie nach neueren Milchsäure mit etwas Phosphorsäure, welche letztere aber nur der Einwirkung der Milchsäure auf die gleichzeitig vorhandenen phosphorsauren Alkalien ihre Entstehung verdankt. Durch welche Mittel wird nun das Auftreten dieser freien Säure

bewirkt? Die Beantwortung dieser Frage ist schwierig und es lassen sich darüber nur Vermuthungen wagen. Ohne Zweifel stammt die Säure aus dem Blute und der Vorgang bei ihrer Bildung ist vielleicht der, dass die Zellen der Magendrüsen gewisse Salze des Blutes (milchsaure Alkalien oder Chlorverbindungen) zerlegen und die Säure festhalten, während das Alkali durch Diffusion wieder in das Blut zurückkehrt. Indem die Zellen allmälig zerfallen und sich auflösen, wird die Säure selbst frei und mischt sich dem Magensafte bei.

Das Gegentheil findet statt in der Leber, deren Secret ein mit einer schwachen organischen Säure, der Gallensäure, verbundenes Natron enthält. Die Vorgänge bei der Gallenabsonderung sind noch nicht klar, hauptsächlich darum, weil man nicht weiss, ob die Gallenstoffe bereits als solche im Blute enthalten sind, oder erst in der Leber bereitet werden. Beides ist möglich und es lassen sich desshalb zwei verschiedene Ansichten über die Entstehung der Galle, vor der Hand mit ziemlich gleicher Berechtigung, einander gegenüberstellen. Entweder die Gallenbestandtheile sind schon als solche im Blute enthalten, und dies scheint für manche derselben, z. B. den Gallenfarbestoff, ausser Zweifel, werden aber von den Leberzellen angezogen, gehen an diese über: durch Auflösung der letzteren werden sie frei und bilden mit der Flüssigkeit, welche aus der Blutflüssigkeit durch Diffusion in die Gallenkanäle gelangt, die Galle — oder die in die Gallenkanäle der Leber eindringende Flüssigkeit wird erst durch die chemische Thätigkeit der Leberzellen in Galle umgewandelt, wobei denn wahrscheinlich manche Producte dieser Metamorphose in Folge der Wechselwirkung, welche zwischen der Galle und dem Blute der Lebercapillaren stattfindet, durch Diffusion wieder in das Blut zurückkehren.

Es bleibt uns noch die Urinsekretion zu betrachten übrig. Der Urin besteht zunächst aus einer sehr wässerigen

Flüssigkeit, welche, ähnlich dem Schweisse hauptsächlich Wasser mit einigen Salzen und Extraktivstoffen, durch Diffusion aus dem Blute in die Harnkanäle gelangt. Er enthält aber ausserdem noch specifische Stoffe, Harnstoff, Harnsäure, Hippursäure und deren Salze, Farbestoffe — Substanzen, welche, wenigstens in dieser Menge, dem Harne eigenthümlich sind. Diese Substanzen sind zwar bereits im Blute vorhanden, aber die Menge, in der sie sich im Urine finden, macht die Annahme nothwendig, dass sie durch eine eigenthümliche Attractionskraft, welche ohne Zweifel den Drüsenzellen der Harnkanäle einwohnt, von diesen aus dem Blute angezogen und so in den Urin übergeführt werden. Nach den von Bowman gegebenen Aufklärungen über die Histologie der Nieren kann man sich die Sache etwa so vorstellen. In den Malpighischen Körperchen, d. h. den Gefässknäueln, welche unmittelbar in die Anfänge der Harnkanäle hineinragen, dringt eine wässerige, salzhaltige Flüssigkeit aus dem Blute unmittelbar durch die Wände der Nierengefässe hindurch in die Anfänge der Harnkanäle. Im weiteren Verlaufe der Harnkanäle werden von den Zellen derselben die eigenthümlichen Harnbestandtheile, Harnsäure, Hippursäure, Farbestoff, Harnstoff aus dem Blute in reichlicher Menge aufgenommen und gehen entweder durch Zerfallen der Zellen, welches sie frei macht, in den Urin über, oder dadurch, dass die eben erwähnte mehr wässerige aus den Malpighischen Körpern herrührende Flüssigkeit sie aus den Drüsenzellen der Harnkanäle gewissermassen auswäscht.

Eigenthümlich verhalten sich noch die sogenannten Blutdrüsen, Milz, Nebennieren, Thymus, Thyreoidea. In ihnen treten durch Diffusion aus dem Blute Stoffe aus, welche in der Drüse selbst, namentlich durch Zellenbildung, manche Veränderungen erleiden, gewissermassen ausgearbeitet werden und dann wiederum durch Diffusion in das Blut zurückkehren.

So lassen sich also die Eigenthümlichkeiten aller Absonderungen grossentheils auf physikalische und chemische Verhältnisse zurückführen und wir dürfen uns der Hoffnung hingeben, dass wir in einer nicht fernen Zeit, bei weiteren Fortschritten in der organischen Chemie viele dieser Vorgänge in ihren normalen und pathologischen Verhältnissen klar erkennen werden.

Die beiden weitumfassenden Processe der Aufsaugung von Nahrungsmitteln und der Absonderung von Secreten sind jedoch nicht die einzigen im Organismus, wobei die Diffusion von Flüssigkeiten eine Rolle spielt. Sie sind nur die beiden äusserlich sichtbaren Glieder einer grossen Reihe von Vorgängen, welche wie die Glieder einer Kette in einander greifen. Ueberall im Innern des Körpers gehen beständig ähnliche Erscheinungen vor sich, die sich aber wegen ihrer Mannigfaltigkeit und wegen des beständigen Wechsels der Bedingungen, auf denen sie beruhen, hier nicht bis in das Detail verfolgen, sondern nur in ihren allgemeinen Umrissen darstellen lassen. Alle Körpertheile sind mit jener allgemeinen Ernährungsflüssigkeit durchtränkt, von der bereits öfter die Rede war. Die nächste Bedingung ihrer Absonderung ist ein Ueberschuss des hydrostatischen Druckes in den Blutgefässen, der bewirkt, dass ein Theil der Blutflüssigkeit, modificirt durch die mechanischen und chemischen Kräfte der Gefässwandungen, aus den Gefässen austritt. Bleiben die Zusammensetzung des Blutes auf der einen, die der Ernährungsflüssigkeit auf der anderen Seite, und die mechanischen und chemischen Capillarkräfte der zwischen beiden befindlichen Gefässwände unverändert, so werden die beiden Flüssigkeiten bald in einen Gleichgewichtszustand kommen und nicht weiter auf einander einwirken. In der That aber sind diese Verhältnisse an jeder Stelle des Körpers beständigen Schwankungen unterworfen. Zunächst wird die Ernährungsflüssigkeit beständig verändert durch die Gewebe, mit denen sie in Berührung ist. Diese

entziehen ihr beständig Theile, auf deren Kosten sie wachsen, zersetzen andere, fügen neue, die Producte ihrer eigenen chemischen Metamorphosen, zu derselben hinzu. Dadurch wird die Ernährungsflüssigkeit beständig chemisch verändert, wodurch dann auch die Nothwendigkeit einer beständig neuen chemischen Ausgleichung mit dem flüssigen Inhalt der Blutgefässe gegeben ist. Ein anderes Moment, welches die Gleichgewichtsverhältnisse jener beiden Flüssigkeiten beständig verändert, ist mechanischer Natur. Das hydrostatische Gleichgewichtsverhältniss zwischen Blut und Ernährungsflüssigkeit wird bedingt durch den Blutdruck in den Gefässen einerseits, und den Druck, unter welchem die Ernährungsflüssigkeit steht, andererseits. Wie nun der Blutdruck in den Gefässen einem beständigen Wechsel unterworfen ist durch den Einfluss der vasomotorischen Nerven, welcher Erweiterungen und Verengerungen der Gefässe veranlasst, dann durch die wechselnde Contractionskraft des Herzens, so ist auch der hydrostatische Druck auf die Ernährungsflüssigkeit ein wechselnder. Er wird nämlich beständig verändert durch örtliches Sichzusammenziehen oder Erschlaffen von Muskeln und andern contractilen Geweben, durch vorübergehende Erschlaffungen und Zusammenziehungen von Lymphgefässen, die entweder der durch Diffusion in sie abfliessenden Ernährungsflüssigkeit (Lymphe) einen freien Abfluss gestatten, oder sie momentan zurückhalten und dadurch ihren hydrostatischen Druck steigern. Ein weiteres Moment der Veränderung ist gegeben durch die wechselnde Beschaffenheit des Blutes: dieses verliert bald in den Secretionsorganen Wasser und wird dadurch concentrirter, bald nimmt es aus dem Darmkanal Wasser auf und wird verdünnter, kurz es verändert in jedem Körpertheile in jedem Augenblick bald mehr bald weniger seine chemische Zusammensetzung. Da nun alle diese Momente, bald beständig fortdauernd, bald periodisch aufhörend oder sich steigernd, beständig ihre Energie verän-

dern, so ist dadurch eine Quelle von beständigen Diffusionsbewegungen der Körperflüssigkeiten gegeben, die bald hierin, bald dorthin gerichtet und nie stille stehend, eben jene beständigen molekularen Wanderungen der Flüssigkeiten im Körper möglich macht, welche als Basis und Vermittlung des Stoffwechsels zum Bestehen des Lebens wesentlich nothwendig sind, aber freilich bisweilen auch die Ursache von Krankheiten werden.

Hieran reihen sich noch andere Diffusionsbewegungen an, welche ohne unmittelbaren Zusammenhang mit dem Blut- und Lymphkreislaufe von Zelle zu Zelle stattfinden, indem der flüssige Inhalt der einen Zelle, beständig modificirt durch chemische Metamorphosen, durch Veränderungen der mechanischen und hydrostatischen Verhältnisse sich mit der Umgebung in ein Gleichgewicht zu setzen sucht, welches, noch ehe es hergestellt ist, beständig durch neue Einwirkungen wieder gestört wird.

Diese Betrachtungen liessen sich noch viel weiter ins Einzelne verfolgen und durch Beispiele belegen, wenn ich es nicht für überflüssig hielte. Es war meine Absicht hauptsächlich nur, auf diese so wichtigen Erscheinungen der Diffusion von Flüssigkeiten im Körper, welche neben den molekulären chemischen Vorgängen das grosse Gebiet des Stoffwechsels bilden, die Aufmerksamkeit zu lenken und zur Anstellung recht zahlreicher Versuche, zur Sammlung von Materialien aufzufordern, welche in grösserer Menge als bisher aufgehäuft, uns erlauben werden, auch auf dieses noch so dunkle Gebiet, das bis jetzt fast nur mit Hypothesen bevölkert ist, eine exacte und selbst den mathematischen Calcul nicht ausschliessende Bearbeitungsweise anzuwenden.

Druck von E. A. Huth in Göttingen.